

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-032900

(43)Date of publication of application : 06.02.2001

(51)Int.Cl. F16H 15/38  
C22C 38/00  
C22C 38/24  
F16C 33/62

(21)Application number : 11-209849

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 23.07.1999

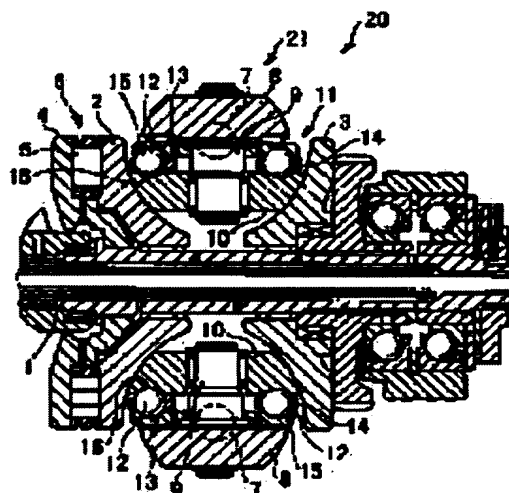
(72)Inventor : TAKEMURA HIROMICHI  
MURAKAMI YASUO  
GOTO NOBUO  
IMANISHI TAKASHI

## (54) TOROIDAL TYPE CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a toroidal type continuously variable transmission high in durability and long in longevity.

**SOLUTION:** A least one of an inner ring 10, an outer ring 13, an input disc 2 and an output disc 3 of a power roller bearing 11 on a toroidal type continuously variable transmission 20 is constituted of a steel material selectively containing at least one kind of C=0.15-0.5%, Si=0.1-1.5%, Mn=0.1-1.5%, Cr=0.5-3.0%, and Mo=0.1-3.0%, V=0.1-3.0% in alloy component in weight percentage, of oxygen  $\leq 9$  ppm, a surface C, N% after carbonitriding, hardening and tempering processes satisfying specific values of surface C=0.8-1.2%, surface N=0.05-0.20% in weight percentage, surface hardness of which satisfies not less than Hv 720 and which disperses and deposits Mo and V carbide, carbonitride of an average grain diameter 50-500 nm at a lace surface or at a position of the maximum shearing stress generating depth from the lace surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-32900

(P2001-32900A)

(43) 公開日 平成13年2月6日(2001.2.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード*(参考)
F 1 6 H 15/38		F 1 6 H 15/38	3 J 0 5 1
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z 3 J 1 0 1
		38/24	
F 1 6 C 33/62		F 1 6 C 33/62	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-209849

(22) 出願日 平成11年7月23日(1999.7.23)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 武村 浩道

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 村上 保夫

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

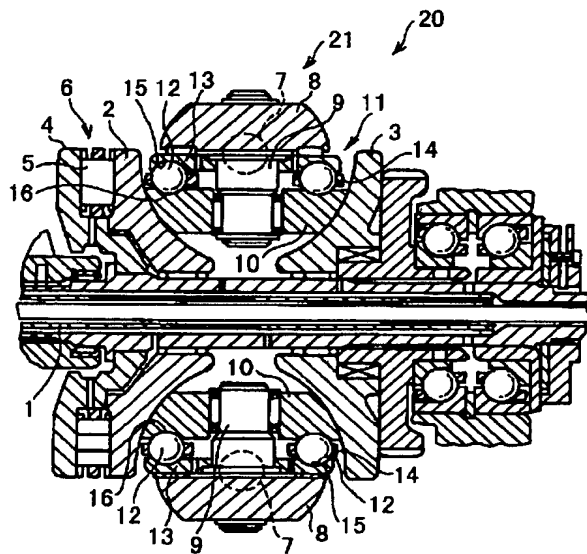
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トロイダル形無段変速装置

(57) 【要約】

【課題】 耐久性が高く、長寿命のトロイダル形無段変速装置を提供する。

【解決手段】 トロイダル形無段変速装置におけるパワーローラ軸受の内輪、外輪、入力ディスク及び出力ディスクのうちの少なくとも一つが、合金組成成分が重量比で、C=0.15~0.5%、Si=0.1~1.5%、Mn=0.1~1.5%、Cr=0.5~3.0%であり、かつMo=0.1~3.0%、V=0.1~3.0%のうちの少なくとも一種を選択的に含有させ、O $\leq$ 9ppmとした鋼素材で、かつ浸炭窒化、焼入れ、焼戻し処理後の表面C、N%が重量比で表面C=0.8~1.2%、表面N=0.05~0.20%の規定値を満足し、その表面硬さがHv720以上を満足し、レース表面またはレース表面から最大せん断応力発生深さの位置に平均粒径50~500nmのMo・V系炭化物・炭窒化物を分散析出させた鋼素材からなることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】入力軸に連動する入力ディスクと、出力軸に連動する出力ディスクと、内輪、外輪及び複数の転動体を含み、かつ前記入力ディスク及び出力ディスクに前記内輪が係合して前記入力軸の動力を前記出力軸に伝達するパワーローラ軸受とを備えるトロイダル形無段変速装置において、

前記パワーローラ軸受の内輪、外輪、前記入力ディスク及び出力ディスクのうちの少なくとも一つが、合金組成成分が重量比で、 $C=0.15\sim0.5\%$ 、 $Si=0.1\sim1.5\%$ 、 $Mn=0.1\sim1.5\%$ 、 $Cr=0.5\sim3.0\%$ であり、かつ $Mo=0.1\sim3.0\%$ 、 $V=0.1\sim3.0\%$ のうちの少なくとも一種を選択的に含有させ、 $O\leq 9ppm$ とした鋼素材で、かつ浸炭窒化、焼入れ、焼戻し処理後の表面 $C$ 、 $N\%$ が重量比で表面 $C=0.8\sim1.2\%$ 、表面 $N=0.05\sim0.20\%$ の規定値を満足し、その表面硬さが $Hv720$ 以上を満足し、レース表面またはレース表面から最大せん断応力発生深さの位置に平均粒径 $50\sim500nm$ の $Mo\cdot V$ 系炭化物・炭窒化物を分散析出させた鋼素材からなる、ことを特徴とするトロイダル形無段変速装置。

【請求項2】入力軸に連動する入力ディスクと、出力軸に連動する出力ディスクと、内輪、外輪及び複数の転動体を含み、かつ前記入力ディスク及び出力ディスクに前記内輪が係合して前記入力軸の動力を前記出力軸に伝達するパワーローラ軸受とを備えるトロイダル形無段変速装置において、

前記パワーローラ軸受の内輪、外輪、前記入力ディスク及び出力ディスクのうちの少なくとも一つが、合金組成成分が重量比で、 $C=0.15\sim0.5\%$ 、 $Si=0.1\sim1.5\%$ 、 $Mn=0.1\sim1.5\%$ 、 $Cr=0.5\sim3.0\%$ であり、かつ $Mo=0.1\sim3.0\%$ 、 $V=0.1\sim3.0\%$ のうちの少なくとも一種を選択的に含有させ、 $O\leq 9ppm$ とした鋼素材で、熱処理として浸炭窒化処理後に真空焼入れまたは高温焼戻しを行ない、そのベーキング効果により水素を脱ガスさせ、鋼中の拡散性水素量を $0.1ppm$ 以下とし、残量オーステナイト量を $20\sim45\%$ としてなる鋼素材からなる、ことを特徴とするトロイダル形無段変速装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば自動車などの車両用の変速装置として用いられるトロイダル形無段変速装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、自動車などの車両用の変速装置としては、複数の歯車を有しこれらの歯車間の噛み合わせを変更して、入力軸から出力軸へトルクを伝えるものが主流であった。しかしながら、この従来の歯車式有段変速装置は、変速時に段階的、断続的にトルクが変化する

ため、動力伝達に損失が生じたり、変速時に振動が生じたりするなどの欠点を抱えていた。

【0003】そこで、近年、変速時における段階的、断続的なトルクの変化が生じることのない無段変速装置が実用化されている。この無段変速装置は、変速時などに振動が生じることがなく、かつ前記歯車式有段変速装置より動力伝達時の損失が少ないという優れた点があるとともに、車両に用いられた際の燃費にも優れている。このため、一部の乗用車などには、前述した無段変速装置の一例としてのベルト式無段変速装置などが実用化されている。

【0004】また、無段変速装置として、入力軸と連動して回転する入力ディスクと、出力軸と連動して回転する出力ディスクと、これら入・出力ディスクに転接するパワーローラ軸受とを備えるトロイダル形無段変速装置が提案されている。

【0005】このトロイダル形無段変速装置は、前記ベルト式無段変速装置と比較して、高いトルクを伝達することが可能であるため、特に中・大型車両用の無段変速装置として有効であるとされている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このトロイダル形無段変速装置は、より高いトルクの伝達が必要とされているため、その入・出力ディスクやパワーローラ軸受が、一般的な歯車及び軸受などの通常の繰り返し応力が加わる機械部品と比較して、非常に大きな繰り返し曲げ応力や繰り返しせん断応力を受ける。

【0007】一般の軸受の場合には玉数が10ヶ前後で、これらが均等に荷重を受けており、軸受の内径部、外径部の肩部が軸、ハウジングで支持される構造となっているため、曲げ応力は極めて小さい。

【0008】これに対し、トロイダル形無段変速装置の場合には、ディスクとパワーローラとの接触点が2ヶ所のため2～3点押しとなり、またディスクを支持している部位が内径部とその内径部近傍端面での支持となるため、特に接触点がディスク外径寄りになったときには、一般の軸受と比較して曲げ応力値が極めて高くなる。

【0009】図4には、トロイダル形無段変速装置のディスク50及びパワーローラ軸受51ならびに一般の転がり軸受52を示してあり、ハッチングで囲んだ部分が応力を受ける部分である。

【0010】トロイダル形無段変速装置のうちの仕様のディスクについてのFEM解析では、 $370N\cdot m$ の入力で引張り応力は $70\sim80kgf/mm^2$ となる部位が発生する。したがって、この部位での残留圧縮応力、硬度、面粗の大小によって許容応力は大きく異なる。

【0011】通常、一般軸受の接触面圧は $P_{max}=2\sim3Gpa$ で使用するのに対し、トロイダル形無段変速装置の場合には、トラクション部の接触面圧は通常2.

5~3.5 GPaで使用し、特に最大減速時において入力ディスクの接触面圧はある仕様のものでは3.9 GPaにもなる。

【0012】ディスク外径がほぼ同一の外径である単列玉軸受、例えば6315（外径160mm）において接触面圧が限界に近い $P_{max}=3.9$  GPaの荷重となったときには、計算すると接触楕円の長径は6.86mm、短径は0.89mmとなる。

【0013】これに対し、トロイダル形無段変速装置のトラクション部においては、ある仕様の場合、減速比2.0、入力トルク370N・m、入力ディスク側の接触面圧 $P_{max}=3.9$  GPaのときの接触楕円の長径は5.15mm、短径は1.33mmになる。また、同一条件での出力ディスク側の接触面圧 $P_{max}=2.9$  GPaのときの長径は4.77mm、短径は1.91mmになる。

【0014】したがって、トロイダル形無段変速装置の場合には、接触楕円の短径が一般軸受と比較して大きくなり、このため最大せん断応力の部位の疲れ破損が生じないように、深い表面硬化層（ $Z_0$ ）が必要となる。

【0015】トロイダル形無段変速装置はトラクションオイルのせん断応力で動力を伝達するため、その接触部における発熱は大きい。接触点温度は200℃を超えるものと予想されており、油膜厚さは計算上コンマ数ミクロンである。

【0016】トロイダル形無段変速装置は構造上、必ずスピニングが存在するために熱が発生する。アンギュラ軸受、スラスト玉軸受でもスピニングが発生し発熱するが、一般軸受とトロイダル形無段変速装置とが最も大きく異なる点は、たった約5mm×1.5mmの小さな接触楕円で楕円一個当たり50kw前後の動力を伝達することである。したがって接触部における耐力は一般軸受と比較して強固なものでなければならない。

【0017】このように、トロイダル形無段変速装置においては非常に高いトルクの伝達が必要となっているから、その構成要素である入・出力ディスクやパワーローラ軸受の内輪や外輪は、従来の一般的な機械部品に比較してより一層耐久性の高い材料を用いて製造すべきである。したがって、この発明の目的とするところは、このような要求を満たすことができるトロイダル形無段変速装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、入力軸に連動する入力ディスクと、出力軸に連動する出力ディスクと、内輪、外輪及び複数の転動体を含み、かつ前記入力ディスク及び出力ディスクに前記内輪が係合して前記入力軸の動力を前記出力軸に伝達するパワーローラ軸受とを備えるトロイダル形無段変速装置において、前記パワーローラ軸受の内輪、外輪、前記入力ディスク及び出力ディスクのうちの少なくとも一つが、

合金組成成分が重量比で、 $C=0.15\sim0.5\%$ 、 $Si=0.1\sim1.5\%$ 、 $Mn=0.1\sim1.5\%$ 、 $Cr=0.5\sim3.0\%$ であり、かつ $Mo=0.1\sim3.0\%$ 、 $V=0.1\sim3.0\%$ のうちの少なくとも一種を選択的に含有させ、 $O\leq 9$  ppmとした鋼素材で、かつ浸炭窒化、焼入れ、焼戻し処理後の表面C、N%が重量比で表面 $C=0.8\sim1.2\%$ 、表面 $N=0.05\sim0.20\%$ の規定値を満足し、その表面硬さがHv720以上を満足し、レース表面またはレース表面から最大せん断応力発生深さの位置に平均粒径50~500nmの $Mo\cdot V$ 系炭化物・炭窒化物を分散析出させた鋼素材からなることを特徴としている。

【0019】また、請求項2に記載の発明は、入力軸に設けられた入力ディスクと、出力軸に設けられた出力ディスクと、内輪、外輪及び複数の転動体を含み、かつ前記入力ディスク及び出力ディスクに前記内輪が係合して前記入力軸の動力を前記出力軸に伝達するパワーローラ軸受とを備えるトロイダル形無段変速装置において、前記パワーローラ軸受の内輪、外輪、前記入力ディスク及び出力ディスクのうちの少なくとも一つが、合金組成成分が重量比で、 $C=0.15\sim0.5\%$ 、 $Si=0.1\sim1.5\%$ 、 $Mn=0.1\sim1.5\%$ 、 $Cr=0.5\sim3.0\%$ であり、かつ $Mo=0.1\sim3.0\%$ 、 $V=0.1\sim3.0\%$ のうちの少なくとも一種を選択的に含有させ、 $O\leq 9$  ppmとした鋼素材で、熱処理として浸炭窒化処理後に真空焼入れまたは高温焼戻しを行ない、そのベーキング効果により水素を脱ガスさせ、鋼中の拡散性水素量を0.1 ppm以下とし、残量オーステナイト量を20~45%としてなる鋼素材からなることを特徴としている。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図1ないし図3を参照して説明する。

【0021】図1はトロイダル形無段変速装置としてのシングルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置20の一部を構成するバリエータ21を示す断面図であり、図2はトロイダル形無段変速装置としてのダブルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置30の一部を構成するバリエータ31を示す断面図である。

【0022】図1に示すように、シングルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置20のバリエータ21は、エンジン等の駆動源（図示しない）に連結されかつ前記駆動源により回転駆動される入力軸1に、ニードルベアリングを介してこの入力軸1と連動して回転自在に支持された入力ディスク2と、前記入力軸1の回転に基づく動力を取出す出力軸と連動して回転する出力ディスク3と、この入力ディスク2および出力ディスク3に転接するパワーローラ軸受11の内輪10などを備えている。

【0023】入力ディスク2の背面側には、入力ディス

ク2を出力ディスク3側に押し付ける押圧機構としてのローディングカム機構6が設けられている。ローディングカム機構6は、カムディスク4とローラ5とを備えている。カムディスク4は入力軸1に対してスプライン係合し、ローラ5はカムディスク4と入力ディスク2との間に設けられている。

【0024】入力ディスク2と出力ディスク3との間には枢軸7を中心として揺動するトラニオン8が設けられ、トラニオン8の中心部には変位軸9が設けられている。そして、この変位軸9には前記パワーローラ軸受11が回転自在に支持され、このパワーローラ軸受11は、入力ディスク2及び出力ディスク3と接するトラクション部を有し、入力ディスク2と出力ディスク3との間に傾転自在に転接されている。

【0025】このパワーローラ軸受11は入力ディスク2及び出力ディスク3から加わるスラスト方向の荷重を支承しつつ、内輪10の回転を許容するものである。このようなパワーローラ軸受11の転動体としての複数個の玉12はトラニオン8側に設けられた円環状の外輪13と回転部としての内輪10との間に設けられた円環状の保持器14によって保持されている。

【0026】さらに、外輪13と内輪10には玉12を転動自在に保持する軸走溝15、16が設けられている。軸走溝15、16は、外輪13と内輪10の玉12との接触面に円環状に設けられ、かつ断面円弧状に形成されている。

【0027】次に、図2に示すダブルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置30のバリエータ31について、図1に示したシングルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置20と構成が共通する部分には同一符号を付して説明する。

【0028】図2に示すように、ダブルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置30のバリエータ31は、一対の入力ディスク2、2と、一対の出力ディスク3、3と、複数のパワーローラ軸受11とを備えている。前記入力ディスク2、2は、互いに間隔を有しかつ互いに対向した状態で設けられている。入力ディスク2、2は互いに同軸的に配されている。入力ディスク2、2は、それぞれ入力軸1と連動して回転するように、入力軸1と同軸的に支持されている。

【0029】前記出力ディスク3、3は、前記一対の入力ディスク2、2の間に、それぞれ入力ディスク2、2と対向しかつ前記入力軸1に対して遊嵌状態で設けられている。出力ディスク3、3は、互いに同軸的に配置されかつ互いに同期して回転するようになっている。出力ディスク3、3は、これらの出力ディスク3、3と同軸的に配置された出力歯車32と連動するように設けられている。この出力歯車32は、前記入力軸1に基づく動力を取出す出力軸と連動して回転するようになっている。

【0030】前記複数のパワーローラ軸受11は、それぞれ、前記入力ディスク2、2と出力ディスク3、3との間に枢軸7を中心として揺動自在に支持されている。パワーローラ軸受11は、それぞれ、前記入力ディスク2、2と出力ディスク3、3に転接自在な内輪10を備えている。

【0031】前記一対の入力ディスク2、2のうち一方の入力ディスク2の背面側には、押圧機構としてのローディングカム機構6が設けられている。ローディングカム機構6は、ディスク状のカムディスク4とローラ5とを備えている。

【0032】カムディスク4は、前記入力ディスク2、2などと同軸的に配置されている。カムディスク4と入力軸1との間には、ボール33が設けられている。カムディスク4と入力軸1のそれぞれの前記ボール33と接する部分には、それぞれ断面円弧状の案内溝34、35が設けられている。

【0033】前記ローラ5は、前記入力軸1の軸線Oに対し、例えば直交するなどの交差する軸線Q回りに回転自在となっている。ローディングカム機構6は、ローラ5が軸線Q回りに回転することによって、前記入力ディスク2、2を出力ディスク3、3に向って押圧するようになっている。

【0034】このようなダブルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置30のバリエータ31は、ローディングカム機構6が入力ディスク2、2を出力ディスク3、3に向って押圧することによって、入力軸1から伝達された回転駆動力を入力ディスク2、2、パワーローラ軸受11の内輪10、出力ディスク3、3及び出力歯車32を介して出力軸へと伝達することとなる。

【0035】このようなトロイダル形無段変速装置20、30において、その入出力ディスク2、3、パワーローラ軸受11の内輪10、外輪13のうちの少なくとも一つは、合金組成成分が重量比で、 $C=0.15\sim0.5\%$ 、 $Si=0.1\sim1.5\%$ 、 $Mn=0.1\sim1.5\%$ 、 $Cr=0.5\sim3.0\%$ であり、かつ $Mo=0.1\sim3.0\%$ 、 $V=0.1\sim3.0\%$ のうちの少なくとも一種を選択的に含有させ、 $O\leq 9ppm$ とした鋼素材で、かつ浸炭窒化、焼入れ、焼戻し処理後の表面C、N%が重量比で表面 $C=0.8\sim1.2\%$ 、表面 $N=0.05\sim0.20\%$ の規定値を満足し、その表面硬さが $Hv720$ 以上を満足し、レース表面またはレース表面から最大せん断応力発生深さの位置に平均粒径 $50\sim500nm$ の $Mo-V$ 系炭化物・炭窒化物( $M_7C_3$ 、 $M_2_3C_6$ 系)を分散析出させた鋼素材で製造されている。

【0036】鋼素材に含有させるC(炭素)は、耐破壊・はくりなどによる寿命低下に有害と考えられる介在物について、量産材としてその介在物の少ない安定した清浄度を得るために、また耐転がり疲労に必要な硬さを得

るために行なう浸炭窒化の処理時間を短縮させるために0.15%以上の含有量が必要である。しかし、0.5%を超えて含有させると、中心部での割れ強度の低下や高温時の寸法安定性の問題が生じ、したがって鋼素材に含有させるC量は0.15~0.5%の範囲内とする。

【0037】Si (シリコン) は、転がり疲労下で見られる白色組織変化の遅延効果、及び焼入れ性を向上させる元素であるが、0.1%未満では焼戻し軟化抵抗性が充分でなく、1.5%を超えると加工性が著しく低下するため、その含有量は0.1~1.5%の範囲内とする。

【0038】Mn (マンガン) は、鋼の焼入れ性に効果のある元素であるが、0.1%未満では焼入れ性が不足し、1.5%を超えると加工性が低下するため、その含有量は0.1~1.5%の範囲内とする。

【0039】Cr (クロム) は、焼入れ性を向上させ、かつ炭化物球状化を促進させる元素であるため、0.5%以上を含有させる必要があるが、3.0%を超えて含有させると被削性を劣化させる場合があるので、その含有量は0.5~3.0%の範囲内とする。

【0040】Mo (モリブデン) は、焼戻し軟化抵抗性や微細な炭化物の分散効果により軸受硬さを向上させる元素で、高温強度を向上させる元素であるため、0.1%以上必要である。これは、Moを添加することによりマトリックスに溶け込むC量を減少させ、微細なMo系炭化物を析出させるためである。しかし、3.0%を超えると溶体化が不十分となり炭化物が微細化せず、さらに加工性が劣化する可能性もあることから、その含有量は0.1~3.0%の範囲内とする。

【0041】V (バナジウム) は、結晶粒界に析出して結晶粒の粗大化を抑制し、また鋼中の炭素と結合し微細な炭化物を形成する元素であり、その添加によって軸受表面層部の硬さが向上して耐摩耗性が良好となる効果や、水素トラップ効果があるが、V含有量が0.1%以上のときにその効果が顕著となり、また3.0%を超えると、結晶粒界にVの巨大な炭化物が析出して、ピンニング効果が低下し、さらに加工性及び種々の機械的性質を劣化させるため、その含有量は0.1~3.0%の範囲内とする。

【0042】また、MoやVを溶体化処理することにより、Mo系、V系炭化物 ( $M_{23}C_6$ 、 $M_7C_3$ 系) の粒径を50~500nmに制御し、微細析出させることが可能となり、その結果としてマトリックス中のC量を減少させ、マトリックス疲労におけるC拡散による組織

変化の発生を遅延させる効果が生じる。この分散析出効果は、き裂伝播抑制効果や、耐摩耗性向上の効果、耐水素脆性における水素トラップ効果があるため、電子顕微鏡観察により確認し、 $10\mu m^2$ あたり、10個以上存在させることが望ましい。

【0043】O (酸素) は、鋼中において酸化物系の介在物を生成し、曲げ応力疲労時における起点 (フィッシュアイ) となったり、また転がり寿命を低下させる非金属介在物となりうる元素であるので、その上限を9ppmとするさらに、P (リン) が含有するときには、そのPが転がり寿命及び靱性を低下させる元素であるため、その上限を0.02%とし、またS (硫黄) が含有するときには、そのSは被削性を向上させる元素であるが、Mnと結合して転がり寿命を低下させる硫化系介在物を形成するため、その上限を0.02%とする。

【0044】浸炭窒化、焼入れ、焼戻し処理後の表面C%を0.8~1.2%と規定する理由は、耐転がり疲れに対する充分な強度を得るためには0.8%以上が必要であり、また1.2%を超えると巨大炭化物を生成しやすくなり、割れ起点になりやすくなるという点に基づき、表面N%を0.05~0.20%と規定する理由は、0.05%以上あると焼戻し抵抗性が向上し、微細なMo、V系の炭窒化物が分散析出する効果により強度が向上し、また0.20%を超えると、耐摩耗性が高くなり、研磨加工が困難になりやすく、脆性割れ強度も低下するという点に基づくものである。

【0045】この発明の他の実施形態としては、前記合金組成の鋼素材を、熱処理として浸炭窒化処理後に真空焼入れまたは高温焼戻しを行ない、そのベーキング効果により水素を脱ガスさせ、鋼中の拡散性水素量を0.1ppm以下とし、残量オーステナイト量を20~45%とし、このような鋼素材を用いてトロイダル形無段変速装置の構成要素としてのパワーローラ軸受の内輪、外輪、入力ディスク及び出力ディスクのうちの少なくとも一つを製造する。

【0046】

【実施例】トロイダル形無段変速装置におけるパワーローラ軸受の内輪、外輪、入力ディスク及び出力ディスクに用いる材料として、次の表1に示す実施例(1~10)に係る供試体と、比較例(1~10)に係る供試体とを製作した。

【0047】

【表1】

		C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)	V (%)	表面 C (%)	表面 N (%)	熱処理
実 施 例	1	0.35	0.78	0.65	1.05	1.00	—	1.10	0.07	A
	2	0.24	0.10	0.75	3.00	—	0.10	0.89	0.15	A
	3	0.41	0.25	0.1	1.04	—	3.00	1.08	0.05	A
	4	0.15	0.30	0.79	0.99	0.15	1.30	0.80	0.08	A
	5	0.38	1.5	0.61	0.50	3.00	—	0.98	0.15	B
	6	0.18	0.23	1.5	1.00	0.51	0.13	0.87	0.11	B
	7	0.50	0.15	0.66	0.97	0.10	—	1.20	0.14	B
	8	0.35	1.20	0.81	1.02	1.51	—	1.15	0.09	C
	9	0.34	0.31	0.65	1.46	0.77	1.25	1.10	0.16	C
	10	0.38	0.23	0.71	0.94	0.81	—	1.00	0.20	C
比 較 例	1	0.05	0.21	0.68	0.98	0.75	0.25	0.71	0.20	A
	2	0.35	0.31	0.71	1.00	—	—	1.12	0.15	A
	3	0.34	0.25	0.69	0.3	0.55	—	0.99	0.05	A
	4	0.65	0.18	0.77	1.02	1.20	0.10	1.41	0.14	A
	5	0.40	0.30	0.80	0.97	0.06	—	0.98	0.12	A
	6	0.39	0.02	0.03	1.11	2.50	0.25	0.86	0.11	B
	7	0.31	0.21	0.65	1.05	—	0.07	1.02	0.16	B
	8	0.43	0.15	0.78	5.6	3.00	—	1.20	0.10	B
	9	0.41	0.35	0.73	0.99	—	5.12	0.91	0.05	B
	10	0.34	0.18	0.85	1.05	4.95	0.15	0.88	0.05	B

【0048】各供試体には、次の三種の熱処理方法A、B、Cのうちから一つを選んで熱処理を施した。

【0049】熱処理Aは、図3(a)に示すように、温度が920～960℃の吸熱型ガス及びエンリッチガスとアンモニアガスの雰囲気中で、供試体が外輪であるときには5～10hr、内輪及び入・出力ディスクであるときには15～30hrの時間をかけて浸炭窒化加熱焼入れの熱処理を施した後に、放冷し、洗浄し、この後、吸収熱型ガスの雰囲気中で830～870℃まで0.5～3hrの加熱（ずぶ焼き）をしてからオイルクエンチ（焼入れ）を行なう。ついで、供試体を洗浄し、この洗浄後に、温度が160～200℃の大気雰囲気中で1～5hr加熱した後に冷却（焼戻し）する。

【0050】熱処理Bは、図3(b)に示すように、温度が920～960℃の吸熱型ガス及びエンリッチガスとアンモニアガスの雰囲気中で、供試体が外輪であるときには5～10hr、内輪及び入・出力ディスクであるときには15～30hrの時間をかけて浸炭窒化加熱焼入れの熱処理を施した後に、洗浄し、この後、180～220℃で一次焼戻しを行ない、次に吸収熱型ガスの雰囲気中で830～870℃まで0.5～3hr加熱してから焼入れを行なう。ついで、供試体を洗浄し、この洗浄後に、温度が180～200℃の大気雰囲気中で1～5加熱した後に冷却する（二次焼戻し）。

【0051】熱処理Cは、図3(c)に示すように、温度が920～960℃の吸熱型ガス及びエンリッチガスとアンモニアガスの雰囲気中で、供試体が外輪であるときには5～10hr、内輪及び入・出力ディスクであるときには15～30hrの時間をかけて浸炭窒化加熱焼入

れの熱処理を施した後に、放冷し、洗浄し、この後、真空雰囲気中（真空炉）で830～870℃まで0.5～3hr加熱（ずぶ焼き）してからオイルクエンチ（焼入れ）を行なう。ついで、供試体を洗浄し、この洗浄後に、温度が160～200℃の大気雰囲気中で1～5加熱した後に冷却する（二次焼戻し）。

【0052】次に、このようにして得られた供試体を用いてバリエータを組み立てた。そして、トラクション油中に、異物としてHv500のステンレス粉（大きさ74～147μm）を1000cc中に0.005gが拡散する割合で混入し、このトラクション油によりバリエータの入・出力ディスクおよびパワーローラ軸受の内輪及び外輪に初期圧痕を付け、この後、バリエータを十分に洗浄し、パワーローラ軸受の内輪、外輪を新品の供試体と取り替え、また転動体も新品のものと取り替え、次の試験条件により試験をした。なお、パワーローラ軸受の転動体（玉）としては、SUJ2をずぶ焼入れ、焼戻した後に、研削仕上げしたものを用いた。

【0053】〔試験条件〕

入力軸の回転数 4000 r. p. m  
入力トルク 370 N・m  
使用オイル トラクション油  
オイル温度 100℃

この試験条件ではパワーローラ軸受の最大面圧が3.9 GPaで、 $Z_0 = 0.48 \times 1.3 \text{ mm} = 0.624 \text{ mm}$ となった。また、入・出力ディスクの最大面圧は4.0 GPaで、 $Z_0$ は1.0 mmとなった。

【0054】次の表2には、各供試体の表面硬さ（Hv）、残留オーステナイト量（%）、Mo、V炭化物平



均粒度 (nm)、拡散性水素量 (ppm) 及び寿命の評価を示してある。なお、寿命の評価は、バリエータを構成しているパワーローラ軸受の外輪、入力ディスク及び出力ディスクのうちのいずれかにはくりが発生するまでの時間、あるいはパワーローラ軸受の外輪、入力ディスク及び出力ディスクのうちのいずれかに疲労割れが発生

するまでの時間で評価した。また、試験中に、パワーローラ軸受の転動体 (玉) にはくりが生じたときには、その転動体を新品のものと入れ替えて試験を続行した。また、試験は100時間で打ち切りとした。

【0055】

【表2】

		表面硬さ (Hv)	残留オーステナイト量 (%)	Mo, V系炭化物 平均粒径 (nm)	拡散性水素量 (ppm)	L10 寿命 時間 (hr)	はくり状態 個数
実施例	1	783	25	238	0.25	88	1/10, ディスク内部起点
	2	754	30	50	0.84	83	2/10, ディスク内部起点
	3	781	40	500	0.18	89	1/10, ディスク内部起点
	4	720	45	351	0.51	84	2/10, ディスク内部起点
	5	815	20	497	0.07	92	1/10, ディスク圧痕起点
	6	735	20	125	0.06	90	2/10, ディスク圧痕起点
	7	850	20	53	0.09	93	2/10, ディスク圧痕起点
	8	825	25	300	0.02	100以上	無
	9	784	35	125	0.01	100以上	無
	10	773	45	265	0.04	100以上	無
比較例	1	657	35	135	0.85	5	10/10, ディスク内部起点
	2	736	40	-	0.35	9	10/10, ディスク内部起点
	3	681	55	103	0.66	8	10/10, ディスク内部起点
	4	880	30	293	0.18	23	10/10, ディスク表面起点
	5	732	45	32	0.50	14	10/10, ディスク内部起点
	6	699	20	351	0.09	10	10/10, ディスク内部起点
	7	754	20	44	0.08	13	10/10, ディスク内部起点
	8	834	8	823	0.07	20	10/10, ディスク混合
	9	810	10	721	0.08	23	10/10, ディスク混合
	10	805	10	880	0.06	21	10/10, ディスク混合

【0056】表2に示されているように、熱処理Aの方法で処理された実施例1～4の供試体においては、残留オーステナイト量が25～45%であるため、初期圧痕の影響による表面起点はくりを抑制することができている。さらにレース表面近傍に50～500nmの微細な炭化物・炭窒化物が分散析出しているため、き裂伝播抑制効果ならびに水素侵入抑制のピンニング効果により、比較例1～10の供試体と比較してL10寿命が3～4倍以上長くなっている。

【0057】しかし、焼戻しによるベーキングにより鋼中の拡散性水素量が0.18～0.84ppmとなっているため、1/10～2/10個の割合でディスクの供試体に白色組織変化を伴った内部起点型はくりが発生した。

【0058】熱処理Bの方法で処理された実施例5～7の供試体においては、レース表面に53～497nmの微細炭化物・炭窒化物が分散析出し、かつ2回の焼戻しによるベーキングにより鋼中の拡散性水素量が0.1ppm以下となっており、このため白色組織変化起因の内部起点型はくりおよび割れが抑制されている。

【0059】しかし、レース表面の残留オーステナイト量が20%であるため、L10寿命が92, 90, 93hrであって、ディスクの供試体において1/10～2

／10個の割合で表面起点型はくりが発生した。

【0060】熱処理Cの方法により処理した実施例8～10の供試体においては、残留オーステナイト量が25～45%で、レース表面近傍にMo, V系微細炭化物・炭窒化物が300nm、125nm、265nmの粒度で分散析出し、かつ鋼中の拡散性水素量が0.05ppm以下となっており、100hrに至っても、ディスク、パワーローラ軸受のいずれの供試体にもはくりや割れが発生しなかった。

【0061】一方、比較例1の供試体においては、ベースのC量が0.05%と少なく、表面硬さがHv657と充分ではないため、10/10個の割合でディスクの供試体ではL10寿命が5hrで短時間であり、また白色組織変化を伴った内部起点型はくりが発生した。

【0062】比較例2の供試体においては、Mo, Vを添加していないため、レース表面近傍に微細な炭化物が析出せず、L10寿命が9hrで短時間であり、10/10個の割合でディスクの供試体に白色組織変化を伴った内部起点型はくりが発生した。

【0063】比較例3の供試体においては、Crの添加が0.3%と少なく残留オーステナイト量が55%と大きいため、炭化物の分散析出効果により若干の硬さの向上は認められたが、マトリックスの硬さがHv681と

低いため、L10寿命が8hrで、10/10個の割合でディスクの供試体に白色組織変化を伴った内部起点型はくりが発生した。

【0064】比較例4の供試体においては、ベースのC量が0.65%と高く、浸炭窒化処理後のC%も1.41%と高く、レース表面に巨大な炭化物が析出するため、L10寿命が23hrであって、10/10個の割合でディスクの供試体に表面起点型はくりが発生した。

【0065】比較例5、7の供試体においては、Mo、V添加量が0.06%、0.07%と少なく、微細炭化物の平均粒径が32nm、44nmと小さく、かつ10 $\mu$ m<sup>2</sup>あたり、6個の析出が確認されただけであり、L10寿命が14hr、13hrで、10/10個の割合でディスクの供試体に白色組織変化を伴った内部起点型はくりが発生した。

【0066】比較例6の供試体においては、Si、Mnの添加量が0.02%、0.03%と少なく、表面硬さがHv699と低いため、L10寿命が10hrで、10/10個の割合でディスクの供試体に白色組織変化を伴った内部起点型はくりが発生した。

【0067】比較例8~10の供試体においては、残留オーステナイト量が8~10%と小さいため、表面起点型はくりも混在していた。特に比較例8においては、Cr量が5.6%と大きいため、レース表面に823nmと巨大なCr系の炭化物が析出し、L10寿命が20hrで、10/10個の割合でディスクの供試体に内部起点型はくりと表面起点型はくりとが混在するはくりが発生した。

【0068】比較例9の供試体においては、V量が5.12%と多量であることから、微細なV系炭化物と巨大なV系炭化物が混在し、平均炭化物・炭窒化物粒径が721nmと大きくなり、L10寿命が23hrで、10/10個の割合でディスクの供試体に内部起点型はくりと表面起点型はくりとが混在するはくりが発生した。

【0069】比較例10の供試体においては、Mo量が

4.95%と多量であることから、微細なMo系炭化物と巨大なMo系炭化物とが混在し、平均炭化物・炭窒化物粒径が880nmと大きくなり、L10寿命が21hrで、10/10個の割合でディスクの供試体に内部起点型はくりと表面起点型はくりとが混在するはくりが発生した。

【0070】以上の結果から明らかなように、残留オーステナイト量を25~45%とすることにより、レース面に生じる異物圧痕のシビア度を抑制し、長寿命のトロイダル形無段変速装置を実現することが可能となる。また、鋼中の拡散性水素量を0.1ppm以下とすることにより、はくり要因に伴う割れを抑制することが可能となり、さらに転がり接触応力と曲げ応力が混在するような環境下でのき裂伝播を遅延させることが可能となる。

【0071】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明によれば、耐久性が高く、長寿命のトロイダル形無段変速装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係るシングルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置の一部を示す断面図。

【図2】この発明に係るダブルキャビティ式ハーフトロイダル形無段変速装置の一部を示す断面図。

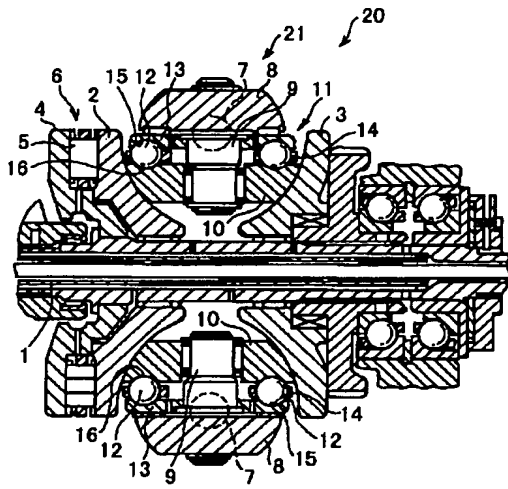
【図3】この発明において実施した熱処理の方法を図式化して示す説明図。

【図4】トロイダル形無段変速装置のディスクと、パワーローラ軸受と、一般の転がり軸受とを示す断面図。

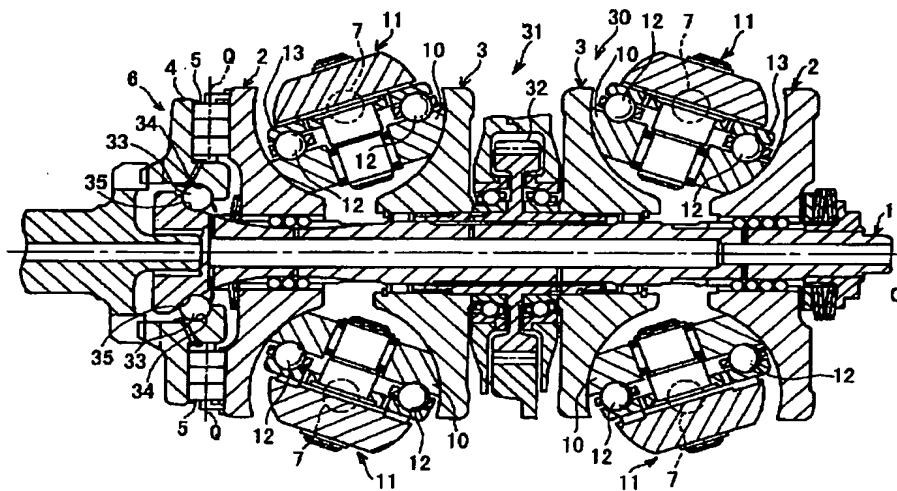
【符号の説明】

- 1…入力軸
- 2…入力ディスク
- 3…出力ディスク
- 10…内輪
- 11…パワーローラ軸受
- 13…外輪

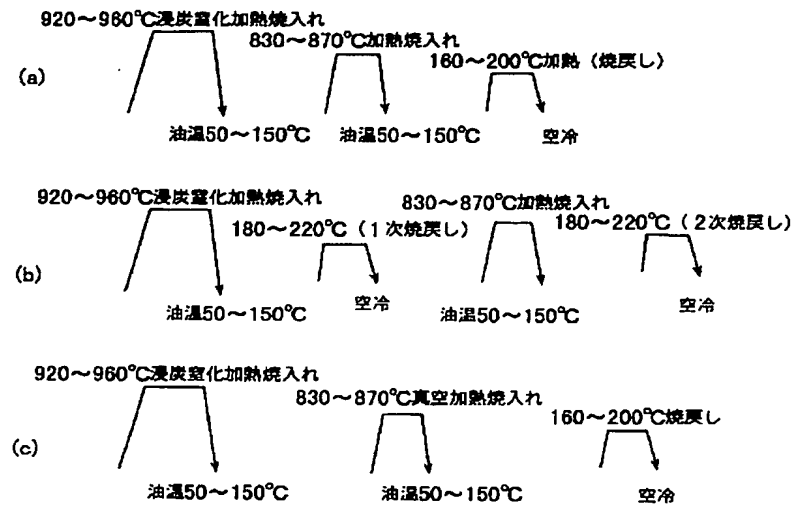
【図1】



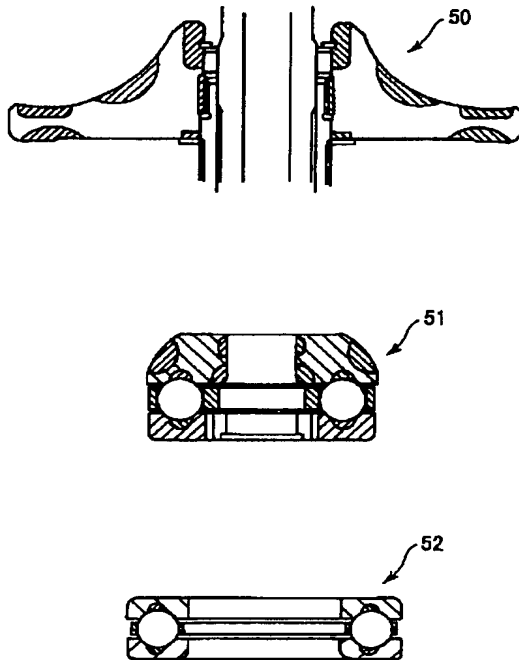
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 後藤 伸夫  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内  
(72)発明者 今西 尚  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

Fターム(参考) 3J051 AA03 AA08 BA03 BB02 BD02  
BE09 CA05 CB07 EC03 EC08  
FA02  
3J101 AA03 AA32 AA42 AA53 AA63  
BA53 BA54 BA70 DA02 DA03  
EA02 FA31 GA11